

Estado de Avance del Estudio y Diseño de Estación de Bombeo de Agua Cruda para la Localidad de Capioví

Rossler, Gonzalo O. ^{a*}; Schilling, Martín C. ^a; Vogel, Alejandro N. ^a; Berent, Héctor F. ^a;
Cabral Roberto J. ^a

^a Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: gonzaloosvalodrossler@gmail.com, martinschiling12@gmail.com,
alejandrovogel03@gmail.com, hectorberent71@gmail.com, Robert_rjc@hotmail.com,

Resumen

En el siguiente artículo se presenta el estudio de ante proyecto referido al estudio y diseño de una estación de bombeo de agua cruda para la localidad de Capioví, Misiones, Argentina. Se contempla la estimación del crecimiento poblacional en lo que respecta la vida de utilización del proyecto, el caudal necesario para el abastecimiento de la actual planta potabilizadora, y lo que conlleva a este caudal, la provisión de agua tratada a todas las conexiones proyectadas en la localidad. Se hará el estudio de emplazamiento de la toma de agua para obtener el lugar más adecuado para su construcción, teniendo en cuenta el tipo de obra con la construcción del azud, ubicación más apropiada para el paso de las tuberías de impulsión, haciendo una evaluación del aspecto legal, técnica, económica y medioambiental sobre lo que conlleva el proyecto. Se propone la selección de tipos de tuberías para la impulsión, la selección de bombas y equipos de protección para las mismas.

Palabras Clave – Capioví, tuberías de impulsión, toma de agua, equipo de bombeo, abastecimiento.

1 Introducción

En los últimos años, la localidad de Capioví ha enfrentado significativos problemas relacionados con el suministro de agua potable en su área urbana. Esto se debe principalmente a dos factores puntuales: el caudal reducido del arroyo Capioví durante el verano y el crecimiento progresivo de la población. La magnitud del problema llevó a la declaración de emergencia hídrica en los años 2020 y 2021, lo que resultó en restricciones en el consumo de agua para usos alimenticios y sanitarios.

La iniciativa de la realización del proyecto surge como una propuesta de intercarreras, trabajando en conjunto, las carreras de ingeniería electromecánica e ingeniería civil para consensuar un trabajo que tendrá todas las características de una toma de agua de dicha envergadura. Donde la parte electromecánica es la que realizamos nosotros como estudiantes de la carrera.

El objetivo principal del proyecto es mitigar y disminuir el consumo de agua cruda del arroyo Capioví y comenzar a tomar la máxima cantidad de agua del arroyo cuña pirú, ubicado a 8km de la localidad, para posteriormente a partir de tuberías de impulsión llegar a la planta potabilizadora y seguir con un suministro normal para la ciudad, esto hará por un lado que en épocas de sequía se pueda contar con dos fuentes de agua, pero que principalmente el recurso hídrico del arroyo Capioví no tenga una merma interesante de su caudal natural.

gonzaloosvalodrossler@gmail.com

La elección de este proyecto ayudara a seguir brindando agua potable y a su vez mejorar el servicio para los ciudadanos de dicha localidad, y que en un posterior crecimiento sea una solución para todas las nuevas conexiones.

El proyecto se desarrolla dentro de la cathedra “Proyecto Electromecánico 2” durante todo el transcurso del 2024, a su vez se trabajará alternadamente entre las localidades de Oberá y Capioví e intercambiando datos con la carrera de ing. Civil para mejores desempeños.

Todo el proyecto empieza con un análisis demográfico de la localidad de Capioví, el cual estimando el crecimiento urbano y crecimiento total de la población con métodos analíticos estadísticos para lo que será la proyección de vida útil del proyecto.

I Estudio Técnico

Todo el proyecto empieza con un análisis demográfico de la localidad de Capioví, el cual estimando el crecimiento urbano y crecimiento total de la población con métodos analíticos estadísticos para lo que será la proyección de vida útil del proyecto.

1.1 Análisis demográfico

Este estudio inicia con el análisis demográfico de la localidad de Capioví, con la particularidad de que nuestro interés se basa en el crecimiento de la zona urbana, ya que por razones de lejanías entre viviendas en la zona rural no es viable para la cooperativa realizar las conexiones y la instalación de las tuberías, es por esto que se analiza a través de métodos analíticos estadísticos el crecimiento de toda la población y luego por los diferentes censos realizados se determina el número de personas en la zona urbana, el método contempla todos los censos realizados y obtenidos como verdaderos hasta la actualidad, realizando una tasa de crecimiento entre censos, se determina el crecimiento proyectado.

Mediante el método de índice de tasa porcentual de crecimiento (TPC) se determina la población futura Tabla 1.

Tabla 1 - Datos censales de la localidad de Capioví

<i>Año de censo</i>	<i>Total Habitantes</i>	<i>Habitantes Zona Urbana</i>	<i>Habitantes Zona Rural</i>	<i>TPC Total</i>	<i>TPC Urbano</i>
1991	5177	2203	2974	-	-
2001	5860	3190	2670	1,247	3,771
2010	6097	3460	2637	0,441	0,907
2022	6349	3765	2584	0,338	0,706
2028	6478	4070	2408	0,336	1,307
2038	6698	4634	2064	0,335	1,306
2048	6925	5276	1649	0,334	1,306

A partir de cada censo que se obtuvo hasta el año 2022 se realiza un índice entre censos consecutivos, y a partir de esto, sale luego la proyección hasta el último año considerado como vida del proyecto.

$$TPC = \left[\left[\left(\frac{HT_2}{HT_1} \right)^{\left(\frac{1}{año\ 2 - año\ 1} \right)} \right] - 1 \right] * 100 \quad (1)$$

Donde:

TPC: tasa porcentual de crecimiento

HT1: cantidad de habitantes censados en el año elegido

HT2: cantidad de habitantes censados en el año siguiente

Año1: el número del año elegido en el censo de HT1

Año2: el número del año elegido en el censo siguiente de HT2

La figura 1 representa la función de crecimiento demográfico en función de la vida del proyecto, según ecuación [1]

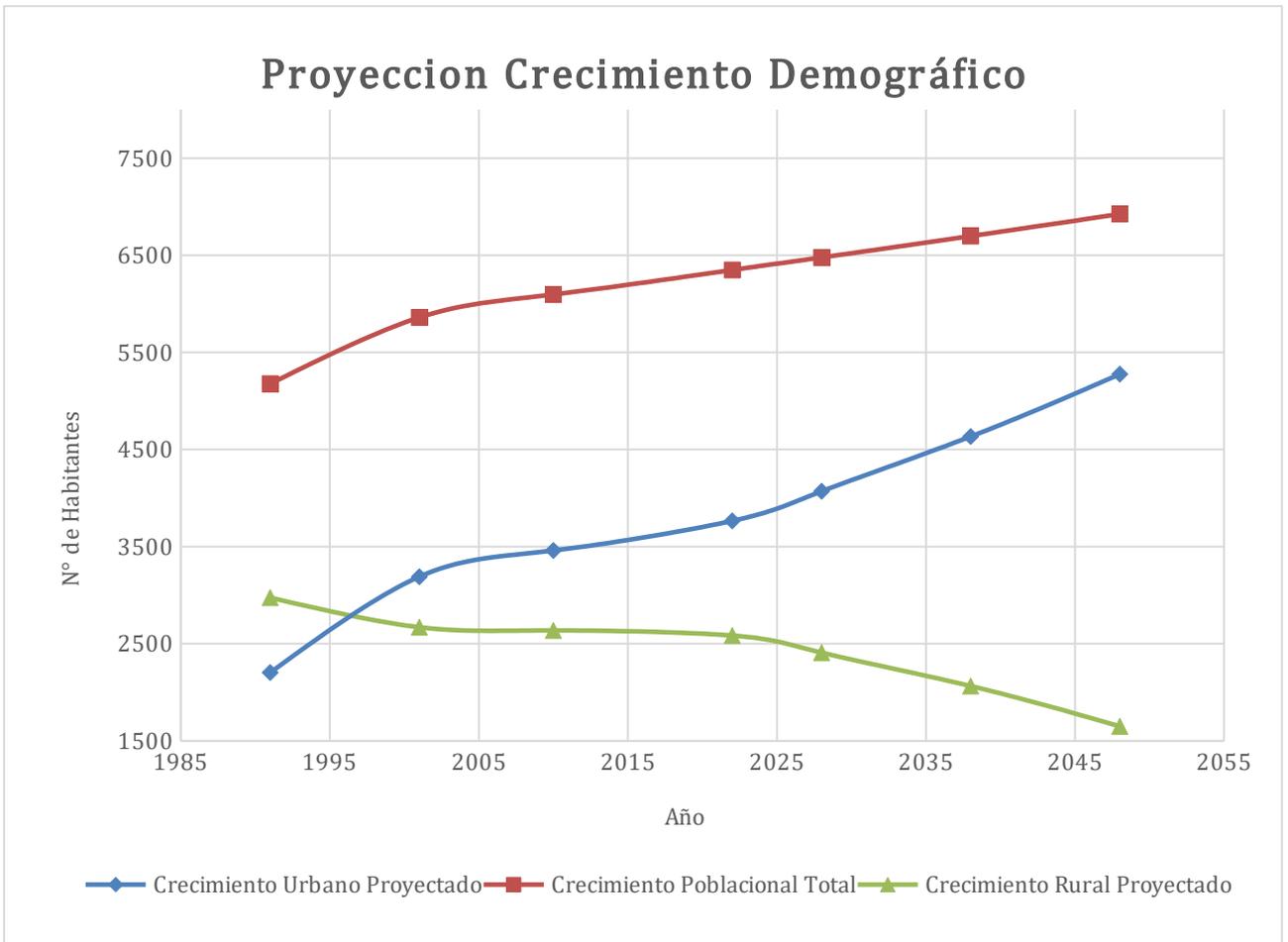


Fig. 1. proyección crecimiento demográfico.

Resultando para el año 2048 una población de 5276 habitantes en la zona urbana que es la que nos interesa, mientras que el total de la población de Capioví será de 6925 habitantes.

1.2 Determinación de caudales característicos

Como se ha mencionado anteriormente la población se ha de estimar con lo que respecta al futuro casco urbano de la ciudad. Por ende, con la proyección de habitantes, el número de industrial actuales, edificios gubernamentales y no gubernamentales se puede determinar un caudal estimativo.

Este caudal estimativo, o llamado caudal de diseño, debe ser el correspondiente al consumo medio diario, el cual contempla al consumo de la población y a su vez se le suma un caudal de agua no contabilizada, que se refiere a las pérdidas en cañerías, canillas públicas en plazas, hospitales, escuelas, otros edificios públicos.

La demanda media diaria es factible de estimar mediante valores de referencia propuestos por la bibliografía (1)

Tabla 2 - Definición de caudales característicos

	Denominación	Definición
Q_{An}	Caudal mínimo horario del año n.	Menor caudal instantáneo del día de menor consumo de agua potable de ese año.
Q_{Bn}	Caudal medio mínimo diario del año n.	Caudal medio del día de menor consumo de agua potable del año n.
Q_{Cn}	Caudal medio diario del año n.	Cantidad de agua promedio consumida en el año n por cada habitante servido.
Q_{Dn}	Caudal medio máximo diario del año n.	Caudal medio del día de mayor consumo de agua potable del año n.
Q_{En}	Caudal máximo horario del año n.	Mayor caudal instantáneo del día de mayor consumo (Q_{Dn}) del año n. Caudal horario máximo absoluto del año.

Tabla 3 - Caudales característicos

	Año n		
	0	10	20
Q_{An}	610,5	695,1	791,4
Q_{Bn}	1221,0	1390,2	1582,8
Q_{Cn}	1744,3	1986,0	2261,1
Q_{Dn}	2442,0	2780,4	3165,6
Q_{En}	4151,4	4726,7	5381,5

Los datos obtenidos en la Tabla 3 se obtienen a partir de la población que tiene conexión al agua potable, y que básicamente se considera al área urbana, entonces, a partir de datos de Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA), se puede determinar uno de estos datos y los siguientes se obtienen de forma estadística por la misma bibliografía con coeficientes ya determinados.

Por consiguiente, estos valores no corresponden al agua que se debe tratar dentro de la planta potabilizadora, entonces, por un lado el proyecto no contempla la distribución de agua potable sino solo la llegada de agua cruda hasta la planta, pero lo que si contempla es proyecto es poder abastecer a fin de la vida del proyecto el caudal de agua cruda correspondiente a todo lo que se debería potabilizar y enviar a la red de distribución, por ende, el caudal nuestro de diseño se determina de la siguiente manera.

$$Q_{diseño} = \frac{(Q_{i,i} C_{20} + \Delta_{ANC})}{\eta_H} \quad (2)$$

Donde:

Q_{c20} : es el caudal medio diario del año 20 (m³ de agua/día), es decir para nuestra vida final del proyecto.

Δ_{ANC} : es el agua no contabilizada, y esto para instalaciones de red nuevas es de 15% del caudal Q_{c20} y para instalaciones mas antiguas llega a ascender hasta un 40%, en tanto que Capioví ya tiene alguna parte del pueblo con instalaciones mas antiguas y otras prácticamente nuevas, nos basamos en tomar un porcentaje del 25% de esta, como perdidas no contabilizadas.

η_H : el rendimiento hidráulico de la planta podemos considerar en un 90% [2].

Entonces, como resultado del caudal de diseño, nos da un valor:

$$Q_{diseño} = 3140,42 \left[\frac{m^3}{dia} \right]$$

1.3 Zona de emplazamiento

El agua cruda será extraída del Arroyo Cuña-Piru en cercanías al Puente denominado con igual nombre al arroyo, de la localidad de Puerto Leoni. Esta zona es estratégica desde el punto de vista técnico, ya que la estación de bombeo y la traza de la tubería están en zonas suficientemente urbanizada como para garantizar accesibilidad y posterior facilidad de mantenimiento a parte de la ayuda que nos da la línea de 132kV ubicada en cercanías para garantizar un acceso cercano a este.

Cabe destacar que el proyecto está pensado en solamente una etapa, solamente tenemos bomba de impulsión y no de aspiración debido a las ventajas de la toma de agua que se seleccionó.

Se define, además, el trazado de la línea con sus respectivas alturas y distancias como nos muestra el resumen de Tabla 4.

Tabla 4 - Distancia y altura geodésica de bombeo

Etapa

Distancia[m]	7895
Altura geodésica[m]	120

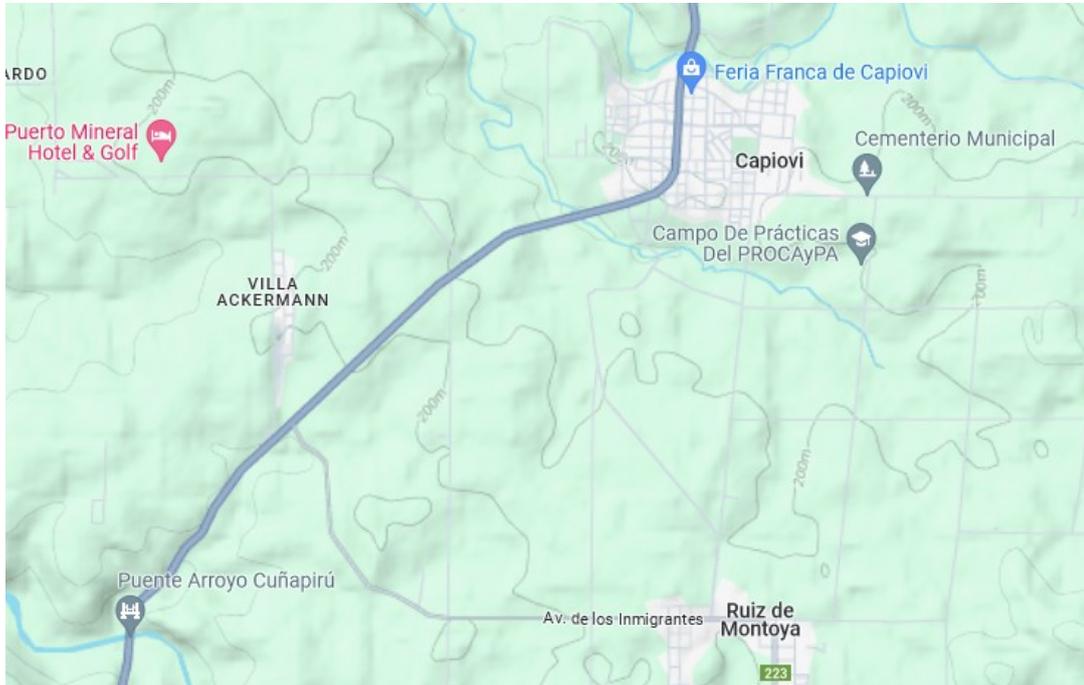


Fig. 2. Mapa con curvas de nivel.

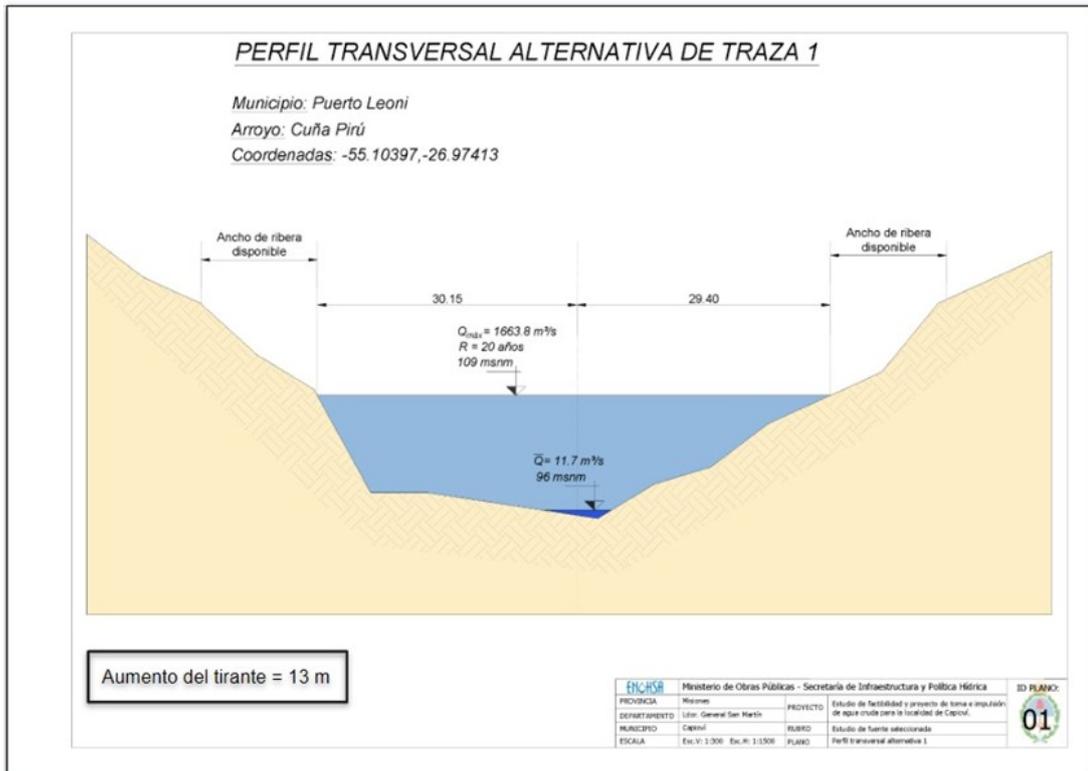


Fig. 3. Perfil transversal del arroyo.

La figura 3 nos determina el perfil del arroyo, con esto tenemos una idea clara de la construcción civil que se llevara a cabo y a partir de esto tendremos estimado el crecimiento del arroyo en momentos de inundación, de esta manera la casilla de máquinas y tableros eléctricos en general, estarán fuera del alcance de cualquier tipo de inundación que tenga que ver con el crecimiento repentino del agua.

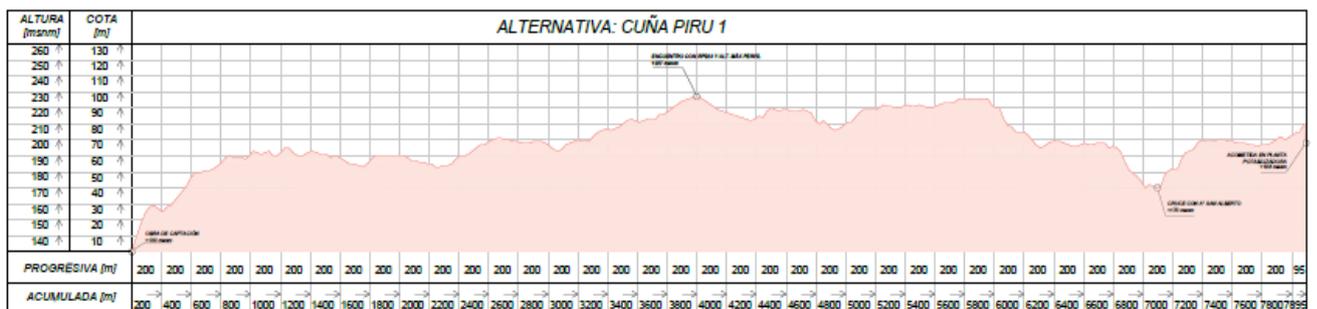


Fig. 4. Perfil de elevación altimétrico de la traza.

La figura 4 representa el perfil de elevación topográfica según la trayectoria que sigue la traza de conducción de agua cruda. Se puede observar un perfil de elevación relativamente suave y con pendientes positivas como negativas.

El tipo de toma se seleccionó a partir de las características del arroyo y las necesidades de afrontar las crecidas y futuras obras civiles que afecten la cota actual. En la figura 5 y figura 6 se observa el tipo de toma seleccionada, la que corresponde a una toma con azud derivador como se ve en la próxima imagen.

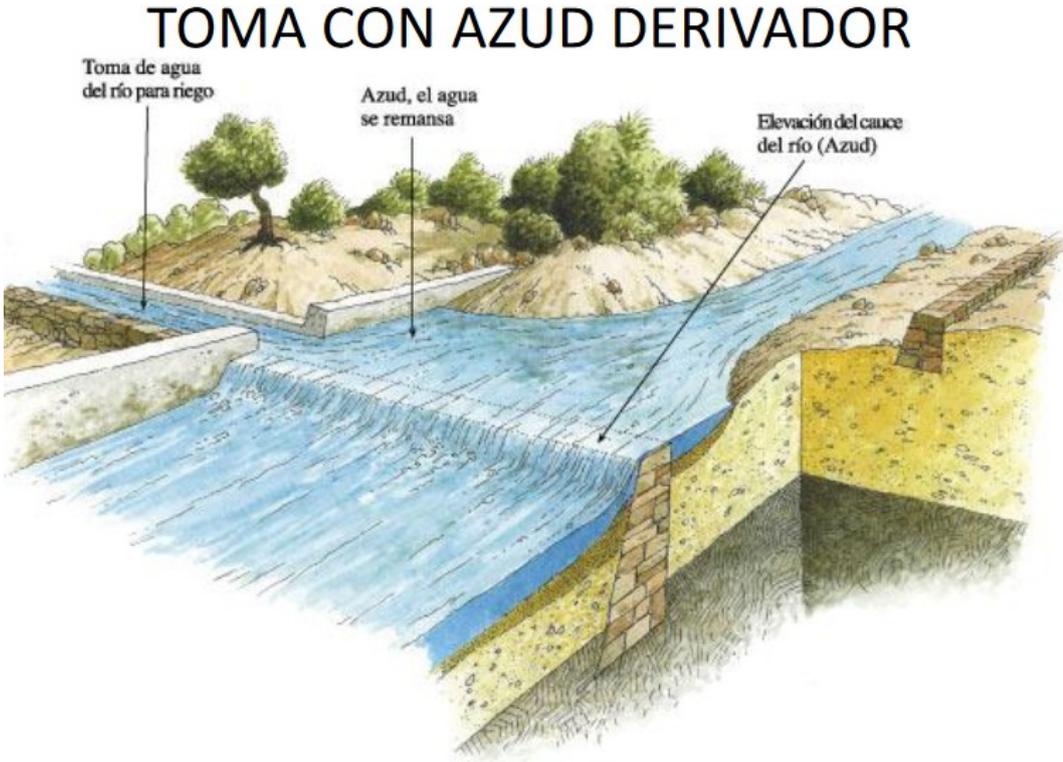


Fig. 5. Toma de agua ilustrativa.

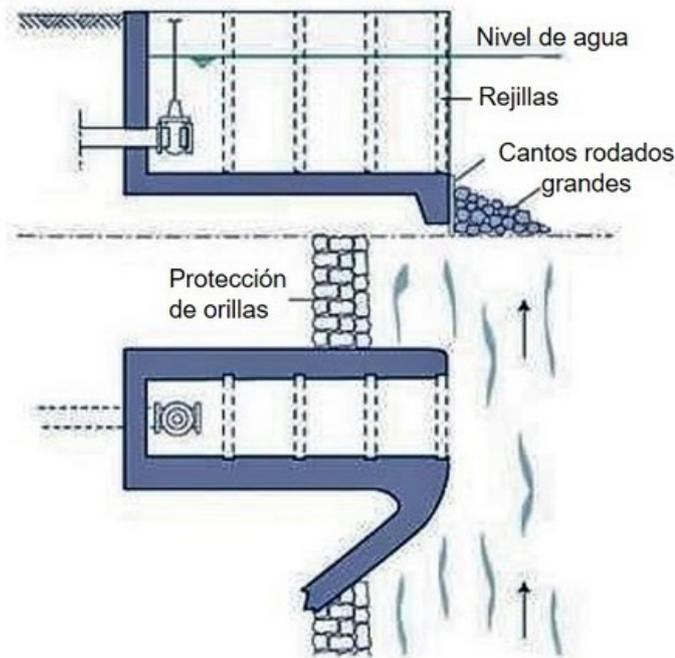


Fig. 6. Toma de agua ilustrativa.

También se tuvo en cuenta para la traza de la conducción que esta siga una trayectoria en lo posible recta, paralela a la Ruta Nacional °12.

1.4 Conducción y bombeo de agua cruda

La conducción del agua cruda se separa en dos etapas, una primera etapa la cual contempla una tubería de acero la cual nos brinda la resistencia adecuada para la impulsión de la bomba a alta presión, a su vez como el terreno hasta llegar a la ruta presenta un terreno de piedra basalto es de extrema necesidad armar dados de hormigón, los cuales eran soportes para las tuberías, y es por este otro motivo que deberá ir en el tramo que intercepta a la ruta, acero y no PEAD, como se hará en la segunda parte, es decir, una vez llegado con la tubería de acero a la ruta 12 comenzará el segundo tramo o etapa que irá tubería de PEAD, y que por la facilidad de hacer excavación, irá de esta forma hasta la planta potabilizadora figura 7.



Fig. 7. Trazado de las tuberías.

La determinación del diámetro de la tubería se puntualizó en la velocidad de circulación, con una velocidad elevada el valor de la sobrepresión generada en el golpe de ariete es mayor que a velocidades más moderadas, las pérdidas de carga serán excesivamente elevadas, se acelera el desgaste por erosión de la tubería. Con una velocidad baja se producen sedimentaciones si el fluido lleva sólidos en suspensión, por lo que a largo plazo se pueden generar obstrucciones.

Las velocidades recomendadas son de 0,45 m/s para la mínima, y una velocidad máxima de 3 m/s para la conducción de agua cruda.

Para la selección del diámetro adecuado de la tubería de impulsión de agua cruda se ha realizado una evaluación del costo de la instalación (tuberías) y el costo monetario debido a las pérdidas que se deben vencer (consumo de energía, pérdidas de carga). Esto se ve reflejado en la figura 8 mostrado a continuación.

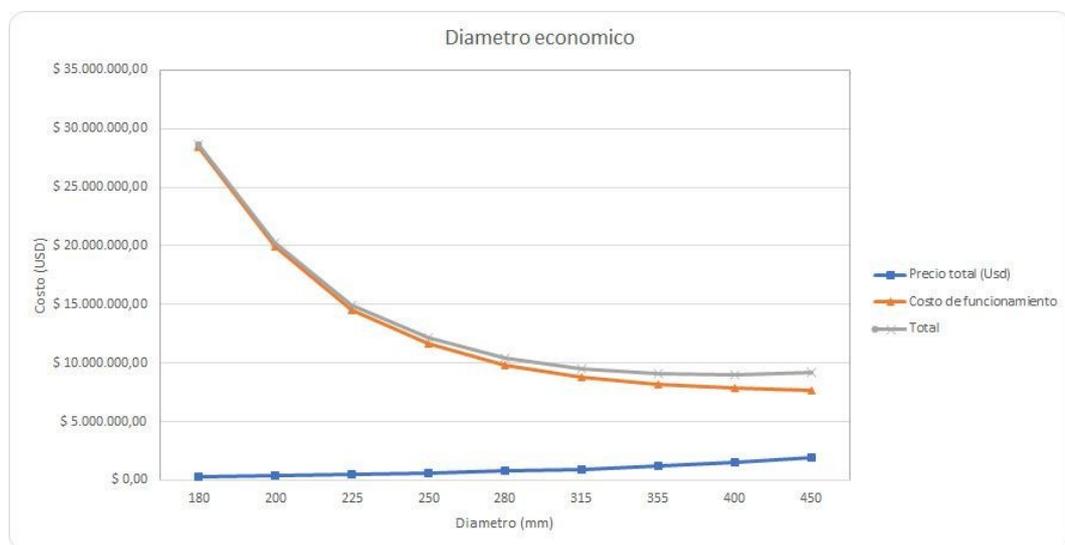


Fig. 8. Costo en función del diámetro de tubería.

En la curva mostrada en la figura 8 podemos apreciar el rango en el cual el costo se hace mínimo junto con las pérdidas, y es aquí donde podemos optar por el diámetro económico para nuestra tubería. Para nuestro caso en particular el diámetro económico calculado es de 400 mm.

1.5 Selección de bombas

Para la selección de la bomba, se inició con los datos de altura manométrica y pérdidas que la bomba debe superar, además del caudal requerido para el año 2048. Después de analizar en catálogos de diferentes fabricantes, se concluyó que una sola bomba que cumpla con las condiciones del proyecto es inviable. Por lo tanto, se propone construir una estación de rebombeo, lo que permite seleccionar bombas de menor potencia para cumplir con el mismo objetivo.

El diseño final del proyecto contempla dos estaciones de bombeo, cada una con dos bombas trabajando en paralelo. En la estación 1, se instalarían dos bombas modelo “NK 50-250/263 AY1F2AESBAQEXW1” del fabricante GRUNDFOS, las cuales impulsarían el agua desde el arroyo Cuna-Pirú a lo largo de una distancia de 3 km hasta el acceso a la ruta provincial 223. Luego, en la estación 2, se ubicarían otras dos bombas modelo “NK 50-200/219 AY1F2AESBAQEXW1” del mismo fabricante, encargadas de impulsar el agua hacia la planta potabilizadora.

A continuación, se presentan las curvas de funcionamiento de las bombas de la estación 1, así como las de la estación 2, junto con sus respectivas curvas de instalación. El punto donde se interceptan las curvas corresponde al punto de funcionamiento del proyecto.

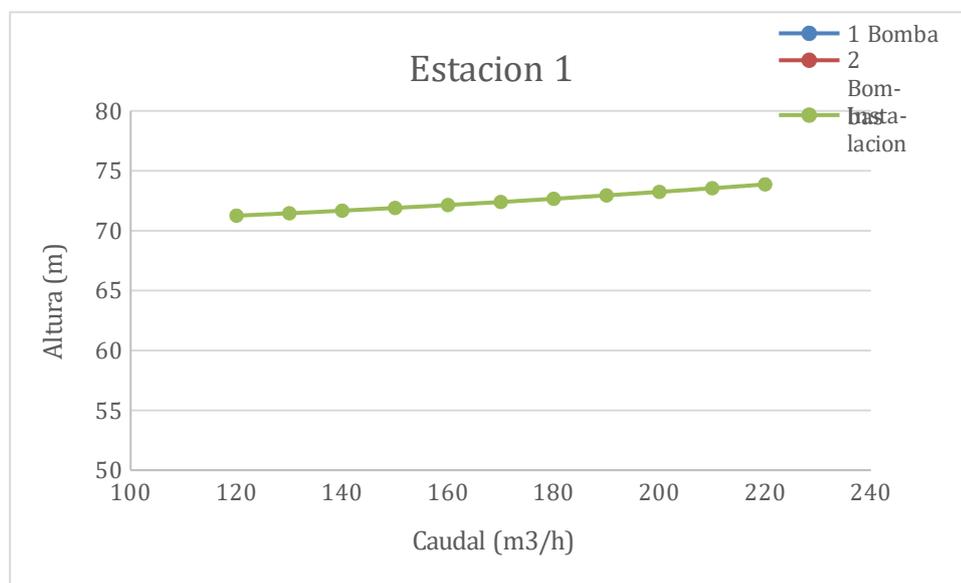


Fig. 9. Curvas de funcionamiento de la bomba y en paralelo junto con la instalación.

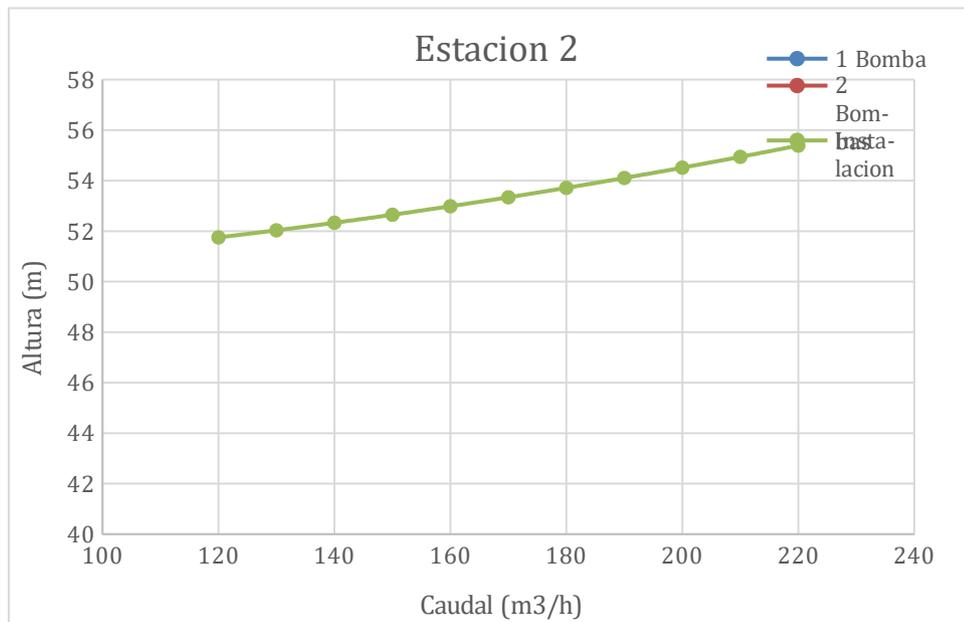


Fig. 10. Curvas de funcionamiento de la bomba y en paralelo junto con la instalación.

2 Estudio Legal y Ambiental

El actual proyecto deberá estar obligatoriamente en un marco legal y medioambiental, siguiendo las leyes que se rigen en el territorio nacional. Estas leyes deberán ser específicas del proyecto, y haciendo énfasis en lo que respecta las aguas del arroyo Cuña-pirú como así también flora y fauna del emplazamiento de la obra.

2.1 Marco Legal:

Lo que concierna al marco legal, el proyecto se basa en las siguientes leyes/normas.

Legislación nacional:

- Ley 18.284 – Código alimentario argentino.
 - Artículo 5° – En el caso de grave peligro para la población el Estado puede cancelar la comercialización.
- Ley 19.587 – Ley de higiene y seguridad en el trabajo.
 - Artículo 4° — Proteger la vida de los trabajadores, reducir y eliminar riesgos, desarrollar una actitud positiva respecto a la prevención de accidentes y enfermedades laborales.

Legislación provincial:

- Ley I – N°119 – Régimen provincial de líneas de ribera y conexas y uso de los bienes en áreas inundables.
 - Artículo 1° — La presente Ley tiene por objeto regular el régimen de uso de bienes situados en las áreas inundables dentro de la jurisdicción provincial.
- Ley I – N°124 – Servidumbre administrativa de servicios.
 - Artículo 1° — Toda heredad del dominio privado o público queda sujeta a la servidumbre administrativa de serviducto que se crea por esta Ley, la que se constituirá a favor del Estado Provincial.
- Ley IV – N°14 – Ley de expropiaciones.
 - Pueden ser objeto de expropiación todos los bienes convenientes o necesarios para la satisfacción de la "utilidad pública", cualquiera sea su naturaleza jurídica, pertenezcan al dominio público o al dominio privado, sean cosas o no.
- Ley X – N°19 – Marco regulatorio para la presentación de los servicios de agua potable.
 - Regular las actividades de prestación del servicio público de agua potable, cloacales y efluentes.
 - Asegurar que los servicios se presten con continuidad, regularidad y seguridad, garantizando la salud pública a través de un manejo adecuado de los servicios regulados.

2.2 Marco Medioambiental:

En lo que respecta al marco ambiental, la Ley Nacional 25.675 “Ley de General del Ambiente” art. 11:

Toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, previo a su ejecución.

También se deberá corresponder a las siguientes leyes nacionales que se mencionan:

- Ley 25.675 – Ley política Ambiental Nacional:
 - Artículo 2°: promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales.
- Ley 26.331 – Presupuesto mínimo de protección ambiental de los bosques nativos.
 - Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos.

Y por otro lado dentro de la provincia de Misiones, se deberá contemplar las siguientes leyes provinciales:

- Ley XVI – N°15 - Conservación y preservación de recursos hídricos.
 - En todos los casos debe permitirse la circulación en el curso de agua de al menos el treinta por ciento (30%) del caudal módulo o del caudal afluente, el que sea menor y las oscilaciones de caudal provocadas en un período de tiempo de veinticuatro (24) horas deben mantenerse dentro del rango de cinco (5) veces el caudal mínimo del período considerado.
- Ley IV– N°59 – El derecho humano al agua y saneamiento.
 - La Provincia de Misiones reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida.

Por otro lado, siguiendo las leyes mencionadas anteriormente, se deberá realizar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) el cual es el procedimiento obligatorio que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo; siendo un instrumento que se aplica previamente a la toma de decisión sobre la ejecución de un proyecto.

Por ende, lo que se realiza es una matriz de Leopold, el cual es un método cualitativo de Evaluación de impacto Ambiental que se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

Procedimiento:

- Identificar las acciones que causen algún impacto.
- Identificar el o los medios susceptibles a sufrir cambios debido a las acciones, previamente definidas.
- Cuantificar cada una en la matriz de Leopold.

Para cuantificar los impactos causados por las diferentes acciones se utilizó un parámetro denominado “Significancia”. Donde se evalúa cada actividad en términos de su impacto en los factores ambientales identificados. Se puede usar un sistema de puntuación donde:

- 0 sin impacto.
- 1 impacto bajo.
- 2 impacto moderado.
- 3 impacto alto.

Tabla 5 – Matriz de Leopold para la construcción de una toma de agua

Actividades/Factores	F1 Calidad del agua	F2. Calidad del aire	F3. Suelo	F4. Flora	F5. Fauna	F6. Paisaje	F7. Ruido
A1. Preparación del terreno	2	1	2	2	1	2	1
A2. Excavación y	3	2	3	2	2	3	2

Actividades/Factores	F1 Calidad del agua	F2. Calidad del aire	F3. Suelo	F4. Flora	F5. Fauna	F6. Paisaje	F7. Ruido
movimiento							
A3. Construcción de estructura	2	2	2	2	1	3	2
A4. Instalación de tuberías	2	1	2	1	1	2	1
A5. Operación de maquinaria	1	3	1	1	1	2	3
A6. Transporte de materiales	1	3	1	1	1	2	3
A7. Mantenimiento y operación	1	1	1	1	1	1	1

Resultados:

- Impactos más significativos: Observamos que las actividades de excavación y construcción (A2 y A3) tienen un impacto considerable en el suelo, la flora, la fauna, y el paisaje.
- Impactos menos significativos: Las actividades de mantenimiento y operación (A7) tienen impactos menores en la mayoría de los factores.

Recomendaciones y medidas mitigadoras

- Control de Erosión: Implementar barreras y sistemas de drenaje para evitar la erosión del suelo.
- Revegetación: Plantar especies nativas después de la construcción para restaurar la flora afectada.
- Monitoreo de calidad del agua: Realizar monitoreos continuos para asegurar que no haya contaminación del agua.
- Reducción de ruido: Limitar las horas de operación de maquinaria pesada para reducir la molestia por ruido.

3 Conclusiones

En primer lugar, con el análisis demográfico que se ha desarrollado se logró estimar la población futura para la proyección de dicho proyecto, es decir, el año en el cual el proyecto desarrolla su máximo rendimiento en cuanto a rentabilidad.

Posteriormente, mediante estimaciones de dotación de agua potable se logra determinar el caudal de diseño, también asociado al período de vida del proyecto.

Finalmente se procede a la selección técnico económica de equipos y conducciones de agua cruda.

De acuerdo al estado de avance del proyecto en cuestión, los resultados son prometedores. Hasta el momento, y según la investigación realizada, no se han presentado inviabilidades de ninguna índole. Resta seguir analizando cuestiones medio ambientales y económicas; así como trabajar al detalle la carpeta técnica del mismo.

4 Referencias

- [1] Sandoval-Erazo, W. (2017). Tomas de Agua. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/profile/Washington-Sandoval-Erazo/publication/317946721_Tomas_de_Agua/links/59525919aca272a343db39ce/Tomas-de-Agua.pdf
- [2] ENOHSA, Criterios Básicos para el Estudio y el Diseño.
- [3] Elaboración propia, 2024.
- [4] Google Maps. <https://www.google.com.ar/maps>
- [5] <https://censo.gob.ar/>